

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Laiva- ja venetekniikka

2014

Ville Aaltonen

HYTTIPANEELEILLE ASETETUT VAATIMUKSET OFFSHORE-ALUKSISSA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville Aaltonen

HYTTIPANEELEILLE ASETETUT VAATIMUKSET OFFSHORE-ALUKSISSA

Tässä insinööriyössä tutkitaan offshore-aluksissa käytettävien hyttipaneeleita ja niille asetettuja vaatimuksia. Työhön on valittu neljän eri tahon säännöt, ja näistä on tutkittu vaatimukset, jotka koskevat palomääräyksiä, ilmaäänieristävyyttä ja enimmäisäänenpainetta. Sääntöjä on vertailtu taulukon avulla. Lopussa on esitetty muutaman paneelivalmistajan tuotteiden ominaisuuksia ja pohdittu niiden käyttöä.

Paneelien valintaan vaikuttaa eniten palomääräykset. Rakenteissa käytettyjen materiaalien täytyy täyttää niille asetetut vaatimukset ja niiden tulee olla hyväksytyjä. Näitä ovat muun muassa liekin ja savun läpäisyn esto, materiaalin palamattomuus ja lämmön nousu palon aikana paneelin toisella puolella. Toinen oleellinen asia on paneelien ilmaääneneristävyys, millä pyritään vähentämään äänen siirtymistä tilasta toiseen. Eri valmistajien paneelien palo- ja äänieristävyyden ominaisuuksia on vertailtu taulukoiden avulla.

Sääntöjen suuresta määrästä johtuen paneelien valinta ei ole kovinkaan yksinkertaista. Näin ollen siitä ei pysty tekemään suoraa ohjeistusta, joka oli yksi työn tavoitteista. Aluksien rakenteelliset eroavaisuudet ja käytettävät laitteistot, muun muassa koneisto ja potkurilaitteisto, muuttavat tilanteita niin, että projektikohtainen tarkempi tarkastelu tulisi aina tehdä.

ASIASANAT:

laivanrakennus, melu, ääneneristys

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering | Naval Architecture

2013 | 33

Instructor Lauri Kosomaa

Ville Aaltonen

REQUIREMENTS FOR CABIN PANELING ON OFFSHORE VESSELS

The aim of this thesis was to study offshore rules concerning cabin panels. The rules of four authorities were chosen for study and the data was gathered in to a single table. The rules studied in this thesis concern fire integrity, noise insulation and noise levels in cabins. The product information of a number of cabin panel manufacturers' is presented in the end of the thesis.

When selecting panels the fire integrity rules are primary. Panels should prevent passage of fire and smoke and the materials used in the panels should be approved to be non-combustible. In addition the panels should be insulated so that the temperature of the un-exposed side will not exceed the limits during the fire. Furthermore, the panels should meet the rules of noise reduction.

Because of a wide variety of different rules affecting cabin paneling, it is impossible to provide an exact guide one the ways to select the right panels for unique projects. The structural changes in vessels and different combinations of engines and propulsion units require a more specific analysis for each project.

KEYWORDS:

naval engineering, noise, noise insulation

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 MELU	8
2.1 Melun aiheuttamat haitat	8
2.2 Melulle altistumisen vähentäminen	8
3 PALOMÄÄRÄYKSET	9
3.1 Palamaton materiaali	9
3.2 Rajapinnat	9
3.3 Jatkuva B-luokan välikatto ja laipiovuoraus	11
3.4 Vaatimukset rajapinnoille	11
4 AKUSTISET VAATIMUKSET	14
4.1 IMO:n vaatimukset	14
4.2 ABS:n vaatimukset	15
4.3 DNV:n vaatimukset	17
4.4 NORSOKin vaatimukset	18
4.5 Yhteenveto akustisista vaatimuksista	20
5 ILMAÄÄNTÄ ERISTÄVÄT RAKENTEET	22
5.1 Palo-, lämpö- ja äänieristeet	22
5.2 Lattiat	24
5.3 Hyttien seinä- ja kattopaneelit	25
5.4 Hyttiovet	27
6 PANEELIEN OMINAISUUKSIA	28
7 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	33

KUVAT

Kuva 1. Eristerullalla eristetty A-60 kansi (Rockwool 2013).	22
Kuva 2. Eristelevyillä eristetty A-60 kansi (Rockwool 2013).	22
Kuva 3. Eristyksen kiinnitys kanteen tai laipioon (Rockwool 2013).	23
Kuva 4. Alumiinimatolla vuorattu kansi- ja laipioeristys.	23
Kuva 5. Kelluvan lattian rakenne (Rockwool 2013).	24
Kuva 6. Seinäpaneeli yhdellä eristelevyillä (HBM 2013).	25
Kuva 7. Kaksikerroksinen seinäpaneeli (HBM 2013).	25
Kuva 8. Yksin- ja kaksinkertaisen seinän vaimennus (Paroc 2013).	26
Kuva 9. Seinäpaneeli kaapelikouruilla (HBM 2013).	26
Kuva 10. B-luokan ovi	27
Kuva 11. Äänen kulkeutuminen tilasta toiseen (Paroc 2013).	28

TAULUKOT

Taulukko 1. MODU Code:in vaatimukset laipioiden paloluokille (2009 MODU Code, Table 9-1).	12
Taulukko 2. MODU Code:in vaatimukset kansien paloluokille (2009 MODU Code, Table 9-2).	13
Taulukko 3. IMO:n vaatimat ilmaääneneristävyys asuintilojen välissä (IMO Resolution MSC.337(91)/6.2.1).	14
Taulukko 4. IMO:n sallima enimmäisäänenpainetaso asuintiloissa (IMO Resolution MSC.337(91)/4.2.3).	15
Taulukko 5. ABS:n sallima enimmäisäänenpainetaso asuintiloissa offshore-aluksille (ABS Crew Habitability on Offshore Installations, September 2012, section 4, Table 1).	16
Taulukko 6. ABS:n sallima enimmäisäänenpainetaso asuintiloissa MODU-aluksille (ABS Crew Habitability on Mobile Offshore Drilling Units (MODU), September 2012, section 4, Table 1).	16
Taulukko 7. DNV:n sallima enimmäisäänenpainetaso (DNV Rules for Ships, January 2011, Pt.5 Ch.12 Sec.2, Table B2).	17
Taulukko 8. DNV:n vaatimat ilmaääneneristävyys (DNV Rules for Ships, January 2011, Pt.5 Ch.12 Sec.2, Table B5).	18
Taulukko 9. NORSOKin sallima enimmäisäänenpainetaso asuintiloissa (NORSOK S-002, Annex A/6.1.0-1 Table 1).	19
Taulukko 10. NORSOKin vaatimat ilmaääneneristävyys (NORSOK S-002/5.5.3.0-4 Table 1).	19
Taulukko 11. Yhteenveto akustisista vaatimuksista.	20
Taulukko 12. Seinäpaneelien ominaisuuksia.	28
Taulukko 13. Kattopaneelien ominaisuuksia.	30
Taulukko 14. Kelluvien lattioiden ominaisuuksia.	30
Taulukko 15. Ovien ominaisuuksia.	31

KÄYTETYT LYHENTEET

ABS	American Bureau of Shipping
crn	Comfort Rating Number
DNV	Det Norske Veritas
FTPC	International Code for the Application of Fire Test Procedures
IMO	International Maritime Organization
MODU	Mobile Offshore Drilling Unit
SOLAS	Safety of Life at Sea

1 JOHDANTO

Nykyään ihmisten hyvinvointiin on alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota. Pätevistä työntekijöistä käydään kovaa kilpailua, minkä vuoksi työnantajat haluavat tarjota työntekijöilleen hyvät työolosuhteet. Työkomennukset ja -ajat venyvät yleensä offshore-teollisuudessa pitkiksi, joten työmukavuus ja -turvallisuus ovat niin työntekijöiden kuin viranomaistenkin suurimpia vaatimuksia. Jotta työolosuhteet olisivat miellyttävät, on tärkeää huomioida muun muassa työympäristön melu.

Offshorella tarkoitetaan merenpohjan alla suoritettavia porauksia, joiden tavoitteena on saada sieltä löytyvät öljy- ja kaasuvarannot käyttöön. Myös näiden öljy- ja kaasulähteiden etsintä on osa offshore-toimintaa.

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Turussa toimivan ALMACO Group Oy:n kanssa. ALMACO on vuonna 1998 Suomessa perustettu meriteollisuuden yritys, jolla on nykyään yhdeksän toimipistettä eri puolilla maailmaa. ALMACO valmistaa ja modernisoi majoitus- ja ruoanvalmistustiloja aina matkustajalaivoista offshore-aluksiin. Uusimpana toimialana ALMACOlla on rakennusteollisuus, johon he valmistavat saniteettitiloja moduuleina asennettaviksi.

Työn tavoitteena on kerätä eri merenkulkua määrävien tahojen vaatimukset ja kerätä materiaalivalmistajilta tietoa heidän tuotteistaan. Näiden avulla tarkoituksena on tuottaa ALMACOlle suuntaa antava ohjeistus erilaisten ääntä eristävien rakenteiden valinnasta.

Työhön on valittu ALMACOn projekteissa yleisimmin esiintyvien luokituslaitosten eli ABS:n (American Bureau of Shipping) ja DNV:n (Det Norske Veritas) sekä Norjan öljy-yhtiöiden perustaman NORSOKin merenkulkua koskevat standardit. Lisäksi työssä on huomioitu Kansainvälisen Merenkulkujärjestö IMO:n (International Maritime Organization) säännöt. Työssä on selvitetty ohjeistukset ja säännöt ABS:n, DNV:n, NORSOKin ja IMO:n sääntökirjoista sekä olemalla yhteydessä luokituslaitoksiin. Rakenteiden ja niissä käytettyjen materiaalien tekniset tiedot olen selvittänyt valmistajien tuoteluetteloista.

2 MELU

Melulla tarkoitetaan häiritsevää tai kuulolle haitallista ääntä. Kaikki ihmiset voivat altistua liian voimakkaalle melulle, minkä on todistettu vaikuttavan negatiivisesti ihmisen terveyteen monella tapaa. Melu voi olla jatkuvaa tai satunnaista. (Haahla & Heinone-Guzejev 2012, 18–40.)

2.1 Melun aiheuttamat haitat

Jatkuva melu työpaikalla häiritsee työntekijän keskittymis- ja havainnointikykyä, minkä seurauksena työntekijä on huomattavasti riskialttiimpi tapaturmille. Näitä voivat aiheuttaa muun muassa kommunikointivaikeuksista johtuvat väärin ymmärretyt ohjeistukset tai vaaran äänien havaitsemattomuudet. Pidemmällä aikavälillä melun tiedetään aiheuttavan stressiä, henkistä väsymystä ja mahdollisia kuulovaurioita, jotka puolestaan voivat vaikuttaa työntekijän työkykyyn ja aiheuttaa työpoissaoloja. (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto 2005.)

Päivittäiselle melualtistukselle on määrätty kaksi toiminta-arvoa, alempi 80 dB(A) ja ylempi 85 dB(A). Päivittäisellä melualtistuksella tarkoitetaan äänitasoa, joka kahdeksan tunnin ajanjaksona aiheuttaa saman altistuksen kuin altistava melu, mukaan lukien impulssimelu. Jos raja-arvot ylittyvät, on työnantajan ryhdyttävä tarvittaviin jatkotoimenpiteisiin. (Työsuojeluhallinto 2013.)

2.2 Melulle altistumisen vähentäminen

Melulle altistumista voidaan vähentää kahdella eri tavalla: vaimentamalla äänilähdettä tai suojaamalla kuulijaa. Vaimentamalla äänilähdettä saataisiin vaikutus laajemmalle alueelle, mutta tämä ei ole aina mahdollista. Jos äänilähteen ympärille yritettäisiin lisätä ääntä vähentäviä rakenteita, se saattaisi vaikuttaa niiden toimintaan esimerkiksi aiheuttamalla ylikuumenemista tai hankaloittamalla huomattavasti ylläpitoa. Kuulijan suojaaminen voidaan toteuttaa henkilökohtaisilla suojaimilla tai rakenteellisilla ratkaisuilla.

3 PALOMÄÄRÄYKSET

IMO on kansainvälinen merenkulujärjestö, joka hallinnoi merenkulun turvallisuusasioita. Se on laatinut kansainväliset säännöt paloturvallisuuden parantamiseksi. Sääntöjen avulla on tarkoitus minimoida tulipalon syttymisen riski ja sen leviäminen sekä jo syttyneen palon tunnistaminen, ilmaisu, sammutus ja ihmisten evakuointi. IMO on laatinut oppaan FTP Code (International Code for Application of Fire Test Procedures), jossa selvennetään edellä mainittuja vaatimuksia. Oppaassa on materiaalien sekä rakenteiden testaamiseen liittyviä vaatimuksia. Tässä työssä on otettu huomioon materiaaleja ja rakenteita koskevat määräykset, jotka vaikuttavat hyttien äänieristykseen.

3.1 Palamaton materiaali

Palamattomalla materiaalilla tarkoitetaan materiaalia, joka ei pala tai ei lämmitessään noin 750 °C:seen vapauta itsestään syttyviä höyryjä (SOLAS 2009, Regulation II-2/3.33). Palamattomiksi materiaaleiksi ilman testausta voidaan käyttää lasia, betonia, keraamisia tuotteita, luonnonkiveä, muurauksia, yleisimpiä metalleja ja metalliseoksia. Muut materiaalit tulee testata IMO FTPC Part 1:n mukaan. (FTP Code 1998, Part 1.)

3.2 Rajapinnat

SOLAS ja MODU Code jakavat aluksen tilat niiden paloriskin mukaan 11:een tai 14:ään eri kategoriaan alustyyppistä riippuen. Näiden tilojen välisiä laipioita ja kansiä kutsutaan rajapinnoiksi. SOLASin palomääräyksissä rajapinnat jaetaan kolmeen eri rajapintaluokkaan, jotka ovat A, B ja C. Näiden lisäksi kirjainten perässä saattaa olla luku, joka kuvaa eristävyysajan aikarajaa. Luokkien tarkoituksena on määrittää rajapinnoille tietyt vaatimukset, jotka koskevat syttymistä, palamista ja lämmönjohtavuutta.

A-luokan rajapinnat

Rajapinta täyttää A-luokan vaatimukset, kun laipio tai kansi on vähintään neljä millimetriä paksua terästä tai vastaavaa materiaalia ja kun se on jäykistetty vähintään seuraavasti:

- Teräslaipion jäykkääjä 60 x 60 x 5 mm, 600 mm välein
- Teräskannen jäykkääjä 95 x 65 x 7 mm, 600 mm välein

(FPT Code 1998, Annex 2/3.1)

Rakenteen täytyy pystyä estämään liekin ja savun pääsy toiselle puolelle vähintään yhden tunnin ajan.

Rakenne täytyy olla eristetty hyväksytyllä palamattomalla eristeellä siten, että palon aikana rakenteen vastakkaisella pinnalla lämpötila ei nouse keskimäärin yli 140 °C:ta alkuperäisestä lämpötilasta tai missään kohdassa yli 180 °C:ta seuraavissa ajoissa:

- | | |
|--------|---------------|
| • A-60 | 60 minuutissa |
| • A-30 | 30 minuutissa |
| • A-15 | 15 minuutissa |
| • A-0 | 0 minuutissa |

Lippuvaltion vaatima prototyyppitestaus on tehtävä IMO FTPC Part 3:n vaatimusten mukaan, jolla rakenteen tiiviys ja eristämiskyky voidaan todeta. Tämä testaus saatetaan joutua tekemään aina uusiksi, jos esimerkiksi rakenteen materiaaleihin tai kiinnityksiin on tehty muutoksia. (SOLAS 2009, Regulation II-2/3.2.)

B-luokan rajapinnat

Rajapinta täyttää B-luokan vaatimukset, kun rakenteessa ja kokoonpanon osissa käytetään hyväksyttyjä palamattomia materiaaleja. Rakenteen täytyy pystyä estämään liekin pääsy toiselle puolelle vähintään puolen tunnin ajan. Lisäksi

sen täytyy olla eristetty siten, että palon aikana rakenteen vastakkaisella pinnalla lämpötila ei nouse keskimäärin yli 140 °C:ta alkuperäisestä lämpötilasta tai missään kohdassa yli 225 °C:ta seuraavissa ajoissa:

- B-15 15 minuutissa
- B-0 0 minuutissa

Lippuvaltion vaatima prototyyppitestaus on tehtävä IMO FTPC Part 3 vaatimusten mukaan, jolla rakenteen tiiviys ja eristämiskyky voidaan todeta. Tämä testaus saatetaan joutua tekemään aina uusiksi, jos esimerkiksi rakenteen materiaaleihin tai kiinnityksiin on tehty muutoksia. (SOLAS 2009, Regulation II-2/3.4.)

C-luokan rajapinnat

Rajapinta täyttää C-luokan vaatimukset, kun se on rakennettu hyväksytystä palamattomasta materiaalista. Sillä ei ole vaatimuksia liekin tai savun läpäisyssä eikä lämpötilan johtumisessa. Palavan vanerin käyttö on myös sallittua, kunhan se täyttää tietyt määräykset. (SOLAS 2009, Regulation II-2/3.10.)

3.3 Jatkuva B-luokan välikatto ja laipiovuoraus

Välikatto tai laipiovuoraus voidaan luokitella jatkuvaksi B-luokan rakenteeksi, jos niissä käytetty materiaali täyttää B-0-luokan vaatimukset ja jos ne sekä alkavat että päättyvät A- tai B-luokan osastoihin (2009 MODU Code, 1.3.12). Näillä voidaan vaikuttaa esimerkiksi hyttien seinä- tai kattopaneelien paloluokitusten vaatimuksiin.

3.4 Vaatimukset rajapinnoille

Erilaisten tilojen välisille rajapinnoille on määritelty omat palomääräyksiä koskevat vaatimukset. Kansien ja laipioiden paloluokat määräytyvät niiden sisälle jäävien alueiden palolle riskialttiuden mukaisesti. Paloteknisesti parempi ratkaisu

olisi sijoittaa eristeet palovaarallisen tilan puolelle, mutta tämä ei ole välttämättömyys (Lahtinen Jari, luento, 2012).

IMO ja luokituslaitokset ovat laatineet omat taulukot rajapintojen paloluokille. Näistä taulukoista selviää kahden eri tilan välillä olevan rajapinnan paloluokka. Taulukon 1 pysty- ja vaakariviltä kolme, "Accommodation spaces", nähdään vaatimukset hyttien ja viereisten tilojen välisten laipioiden paloluokille.

Taulukko 1. MODU Code:in vaatimukset laipioiden paloluokille (2009 MODU Code, Table 9-1).

Spaces	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Control stations (1)	A-0 ^(d)	A-0	A-60	A-0	A-15	A-60	A-15	A-60 ^(e)	A-60	*	A-0
Corridors (2)		C	B-0	B-0 A-0 ^(b)	B-0	A-60	A-0	A-0 ^(e)	A-0	*	B-0
Accommodation spaces (3)			C	B-0 A-0 ^(b)	B-0	A-60	A-0	A-0 ^(e)	A-0	*	C
Stairways (4)				B-0 A-0 ^(b)	B-0 A-0 ^(b)	A-60	A-0	A-0 ^(e)	A-0	*	B-0 A-0 ^(b)
Service spaces (low risk) (5)					C	A-60	A-0	A-0	A-0	*	B-0
Machinery spaces of category A (6)						* ^(a)	A-0 ^(a)	A-60	A-60	*	A-0
Other machinery spaces (7)							A-0 ^{(a)(c)}	A-0	A-0	*	A-0
Hazardous areas (8)									A-0	–	A-0
Service spaces (high risk) (9)									A-0 ^(c)	*	A-0
Open decks (10)										–	*
Sanitary and similar spaces (11)											C

Taulukon 2 pysty- ja vaakariviltä kolme, "Accommodation spaces", nähdään vaatimukset hyttien ylä- ja alapuolisten kansien paloluokille.

Taulukko 2. MODU Code:in vaatimukset kansien paloluokille (2009 MODU Code, Table 9-2).

Space below ↓	Space above →	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Control stations	(1)	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0 ^(e)	A-0	*	A-0
Corridors	(2)	A-0	*	*	A-0	*	A-60	A-0	A-0 ^(e)	A-0	*	*
Accommodation spaces	(3)	A-60	A-0	*	A-0	*	A-60	A-0	A-0 ^(e)	A-0	*	*
Stairways	(4)	A-0	A-0	A-0	*	A-0	A-60	A-0	A-0 ^(e)	A-0	*	A-0
Service spaces (low risk)	(5)	A-15	A-0	A-0	A-0	*	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-0
Machinery spaces of category A	(6)	A-60	A-60	A-60	A-60	A-60	* ^(a)	A-60	A-60	A-60	*	A-0
Other machinery spaces	(7)	A-15	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0 ^(a)	* ^(a)	A-0	A-0	*	A-0
Hazardous areas	(8)	A-60 ^(e)	A-0 ^(e)	A-0 ^(e)	A-0 ^(e)	A-0	A-60	A-0	—	A-0	*	A-0
Service spaces (high risk)	(9)	A-60	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0 ^(c)	*	A-0
Open decks	(10)	*	*	*	*	*	*	*	—	*	—	*
Sanitary and similar spaces	(11)	A-0	A-0	*	A-0	*	A-0	A-0	A-0	A-0	*	*

Notes: to be applied to tables 9-1 and 9-2, as appropriate.

- (a) Where the space contains an emergency power source or components of an emergency power source adjoining a space containing a ship's service generator or the components of a ship's service generator, the boundary bulkhead or deck between those spaces should be an "A-60" class division.
- (b) For clarification as to which note applies see paragraphs 9.3.3 and 9.3.5.
- (c) Where spaces are of the same numerical category and superscript "c" appears, a bulkhead or deck of the rating shown in the tables is only required when the adjacent spaces are for a different purpose, e.g., in category (9). A galley next to a galley does not require a bulkhead but a galley next to a paint room requires an "A-0" bulkhead.
- (d) Bulkheads separating the navigating bridge, chartroom and radio room from each other may be "B-0" rating.
- (e) An engineering evaluation should be conducted in accordance with paragraph 9.3.1. In no case should the bulkhead or deck rating be less than the value indicated in the tables.

Where an asterisk appears in the tables, the division should be of steel or equivalent material, but need not be of "A" class standard. However, where a deck is penetrated for the passage of electric cables, pipes and vent ducts, such penetrations should be made tight to prevent the passage of flame and smoke.

Jos vastaavia taulukoita on myös luokituslaitosten säännöissä ja niiden vaatimukset poikkeavat MODU Code:in vaatimuksista, on varmistettava kumman taulukkoa rakentamisessa seurataan.

4 AKUSTISET VAATIMUKSET

Kansien sekä laipioiden tulee palomääräysten lisäksi täyttää myös tiettyjä akustisia vaatimuksia. Alusten tilojen yleisen äänenpainetason lisäksi säännöissä vaaditaan kahden eri tilan välille äänieristystä. Tarkoituksena on saada vaimennettua toisessa tilassa syntyvää ääntä, jotta toiseen tilaan kantautuva äänenpaine olisi pienentynyt vaaditulle tasolle. Näitä vaatimuksia asettavat IMO ja luokituslaitokset.

Erilaisten rakenteiden ja eristysten kanssa pyritään vaimentamaan tilojen välistä suoraa äänen kantautumista rakenteiden lävitse, mitä kutsutaan ilmaääneneristävyydeksi. Sitä ilmaistaan arvolla R_w [dB], jos kyseessä on eristävän rakenteen laboratoriomittaus ja R'_w [dB], jos kyseessä on kentällä suoritettu mittaus.

4.1 IMO:n vaatimukset

IMO Resolution MSC.337(91) marraskuu 2012 mukaiset vaatimukset, jotka koskevat ilmaääneneristystä ja enimmäisäänenpainetasoa, on esitetty taulukoissa 3 ja 4.

Taulukko 3. IMO:n vaatimat ilmaääneneristävyydet asuintilojen välissä (IMO Resolution MSC.337(91)/6.2.1).

Cabin to cabin	$R_w = 35$
Messrooms, recreation rooms, public spaces and entertainment areas to cabins and hospitals	$R_w = 45$
Corridor to cabin	$R_w = 30$
Cabin to cabin with communicating door	$R_w = 30$

Ilmaääneneristävyyden tulee olla hyttien välillä vähintään 35 dB ja hytin ja käytävän välillä 30 dB.

Taulukko 4. IMO:n sallima enimmäisäänenpainetaso asuintiloissa (IMO Resolution MSC.337(91)/4.2.3).

Designation of rooms and spaces	Ship size	
	1,600 up to 10,000 GT	≥10,000 GT
4.2.3 Accommodation spaces		
Cabin and hospitals ⁸	60	55
Messrooms	65	60
Recreation rooms	65	60
Open recreation areas (external recreation areas)	75	75
Offices	65	60

⁵ If the maximum noise levels are exceeded when machinery is operating (only permitted if dispensation is granted in accordance with paragraph 1.3.6), stay should be limited to very short periods or not allowed at all. The area should be marked according to section 7.4.

⁶ Examples are open deck workspaces that are not machinery spaces, and open deck workspaces where communication is relevant.

⁷ Reference is made to the *Recommendation on methods of measuring noise levels at listening posts* (resolution A.343(IX)) which also applies.

⁸ Hospitals: treatment rooms with beds.

Taulukosta 4 selviää enimmäisäänenpainetasot majoitustiloissa. Hyttien raja-arvo on 55 dB(A) aluksilla, joiden bruttovetoisuus on yli 10,000 GT.

4.2 ABS:n vaatimukset

ABS-luokituslaitoksella on kahdet eri säännöt offshore-alusten majoitustilojen olosuhteista. Nämä ovat *Crew Habitability on Offshore Installations* sekä *Crew Habitability on Mobile Offshore Drilling Units (MODUs)*. Sääntöjä sovelletaan offshore-aluksiin, joilla on hieman eri käyttötarkoitukset. Alustyyppit on listattuna säännöissä (Section 1/2). Molemmissa säännöissä on vielä kolme eri vaatimustasoa äänenpainetasoille: HAB, HAB+ ja HAB++, joista HAB++ on vaativin. ABS:n luokissa olevissa aluksissa pitää siis huolellisesti katsoa, kumpaa sääntöä ja mitä vaatimustasoa projektissa noudatetaan. Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty enimmäisäänenpainetasot.

Taulukko 5. ABS:n sallima enimmäisäänenpainetaso asuintiloissa offshore-aluksille (ABS Crew Habitability on Offshore Installations, September 2012, section 4, Table 1).

Space ^(1,2)	Maximum Acceptable Noise L_{Aeq} Level dB(A)		
Personnel Accommodation Spaces and Open Deck Recreation Areas			
	HAB(OS)	HAB+(OS)	HAB++(OS)
Cabin Spaces	55	50	50
Sanitary Spaces (if separate from the cabin)	60	55	55
Dining (Mess) Spaces	60	60	55
Indoor Recreation Spaces	60	60	55
Open Deck Recreation Areas, if applicable	70	65	65
Gymnasiums	65	60	60
Medical and First Aid Center	60	55	55
Passageways in Accommodation Areas	65	60	60

Hyttien enimmäisäänenpainetaso on joko 50 dB tai 55 dB riippuen vaatimustasosta.

Taulukko 6. ABS:n sallima enimmäisäänenpainetaso asuintiloissa MODU-aluksille (ABS Crew Habitability on Mobile Offshore Drilling Units (MODU), September 2012, section 4, Table 1).

<i>Space^(1,2)</i>	<i>Maximum Acceptable Noise L_{Aeq} Level dB(A)</i>					
	<i>Transit Conditions</i>			<i>Dynamic Positioning Conditions</i>		
	HAB (MODU)	HAB+ (MODU)	HAB++ (MODU)	HAB (MODU)	HAB+ (MODU)	HAB++ (MODU)
Personnel Accommodation Spaces and Open Deck Recreation Areas						
Cabins	60	55	50	60	55	55
Sanitary Spaces (if separate from the cabin)	65	60	55	65	65	60
Dining (Mess) Spaces	65	60	55	65	60	60
Indoor Recreation Spaces	65	60	55	65	60	60
Gymnasiums	65	60	60	65	60	60
Medical and First Aid Center	60	55	55	60	60	60
Open Deck	75	70	70	75	75	70

ABS:n MODU-säännöissä vaatimukset vaihtelevat 50 dB(A) ja 60 dB(A) välillä riippuen vaatimustasosta ja aluksen toiminnasta. Aluksen ollessa dynaamisesti paikoillaan on vaatimukset hieman kovemmat verrattuna aluksen liikkeelläolotukseen.

Ilmaääneneristävyydelle ei ABS:n säännöissä oteta kantaa. Asiaa yritettiin selvittää, mutta paikalliset luokituslaitoksen tarkastajat eivät osanneet vastata tähän, ja ABS:n insinööritoimistolta ei saatu vastausta. Tällöin on noudatettava IMO:n asettamia vaatimuksia.

4.3 DNV:n vaatimukset

DNV-luokituslaitoksella on oma Comfort Class -säännöstö, joka määrittelee mukavuusvaatimukset aluksille. Kuten ABS:llä myös DNV:llä on kolme eri vaatimustasoa mukavuudelle. Nämä ovat (crn) 1, 2 ja 3, joista vaatimuksiltaan tiukin on luokka 1. Lyhenne crn tulee sanoista comfort rating number. Taulukoissa 7 ja 8 on esitetty vaatimukset enimmäisäänenpaineelle ja ilmaääneneristävyydelle.

Taulukko 7. DNV:n sallima enimmäisäänenpainetaso (DNV Rules for Ships, January 2011, Pt.5 Ch.12 Sec.2, Table B2).

Table B2 Cargo ships ¹⁾ - Crew Accommodation Noise levels in dB(A)			
<i>Locations</i>	<i>Comfort rating number (crn)</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Wheelhouse	60	60	65
Radio room	55	55	60
Crew cabins	50	55	60
Crew public spaces	55	60	65
Hospital	55	55	60
Offices	60	60	65
Engine control room	70	70	75
Open deck recreation	70	70	75
1) For working areas and engine room it is referred to IMO Res. A. 468 (XII).			

DNV:n nykyisistä säännöistä ei löydy eriteltynä offshore-aluksien vaatimuksia. Sähköpostitse saatu vastaus selvensi, että lastilaivojen (engl. Cargo Ships) vaatimukset pätevät myös offshore-aluksiin ja että revisioidut säännöt tulevat voimaan heinäkuussa 2014 (Per-Tore Gravastand 25.10.2013).

Taulukko 8. DNV:n vaatimat ilmaääneneristävyydet (DNV Rules for Ships, January 2011, Pt.5 Ch.12 Sec.2, Table B5).

Table B5 Sound Insulation Indexes	
<i>Positions</i>	$L_p + RW' (dB)$
Cabin to cabin (crew)	88
Cabin to cabin (passenger)	90
Cabin to corridor	87
Cabin to stairways	100
Cabin to engine rooms	100
Cabin to public spaces	100
Machinery/ technical spaces to passenger corridor	100

DNV:n taulukossa on vaatimus esitetty ilmaääneneristävyyden ja enimmäisäänenpaineen summana. Jotta vaadittu ilmaääneneristävyyden arvo selviää, täytyy taulukon 8 arvoista vähentää taulukossa 7 esitetty tilan arvo. Esimerkkinä miehistöhytin ja käytävän välinen ilmaääneneristävyyden tulee mukavuusluokan 1 mukaan olla 37 dB (87-50 dB). Lisäksi täytyy huomioida, että ilmaääneneristävyys on ilmoitettu todellisena eli kenttäolosuhteissa mitattuna arvona.

4.4 NORSOKin vaatimukset

NORSOK S-002, Rev. 4 elokuu 2004:n mukaiset vaatimukset ilmaääneneristyksestä ja enimmäisäänenpaineesta on esitetty taulukoissa 9 ja 10.

Taulukko 9. NORSOKin sallima enimmäisäänenpainetaso asuintiloissa (NORSOK S-002, Annex A/6.1.0-1 Table 1).

Room description	Level of manning ^a	Average illuminance level (lux) ⁱ	Temperature min/max °C	Vibration limit	Noise total dB(A)	Noise HVAC dB(A)
Cabins	M	150	20 - 24 ^d	1	40 ^f	35
Corridor in LQs	U	100	19 - 26	1	60	50
Corridor in work areas	U	100	5 - 35	-	60 ^j	-
Hospital/ward	M	min. 500	20 - 24	1	40 ^f	35
Offices/meeting rooms	M	500 Adjustable	20 - 24	1	45 ^{ff}	40

NORSOKin asettama äänenpaineraja 40 dB(A) on jo hyvin alhainen, joten projekteissa, joissa vaaditaan NORSOKin standardien täyttymistä, on tähän asiaan kiinnitettävä huomiota. Standardin kohdassa 6.2.0-6 on selitettynä huomautus f, jonka mukaan enimmäisäänenpainetaso saa olla 5 dB(A) korkeampi aluksen ollessa operoimassa.

Taulukko 10. NORSOKin vaatimat ilmaääneneristävyydet (NORSOK S-002/5.5.3.0-4 Table 1).

	Noisy rooms dB	Work rooms dB	Quiet rooms dB	Corridors/ staircases dB
Noisy rooms	40 ^a	40	45 ^b	35
Work rooms		40	40	35
Quiet rooms			40 to 45 ^d	40 ^c
Notes ^a Does not apply to partition between galley and dining room. ^b Common partition with hospital/ward shall be avoided. ^c Doors into cabins shall have minimum sound reduction properties of 40 dB, see NS 3150. ^d The requirement of 45 dB(A) only applies to one-man cabins.				

Examples of "Noisy rooms" are gymnasium, television rooms/cinema, printer room, galley, dining room, and changing room.

"Work rooms" are offices, meeting rooms, radio room, and control rooms.

"Quiet rooms" require a high degree of privacy and include cabins, hospital/ward, and rest rooms, e.g. reading rooms.

NORSOKin vaatimukset ovat kaikista tiukimmat tässä työssä huomioiduista.

4.5 Yhteenveto akustisista vaatimuksista

Vaihtelua vaatimuksissa on hyvin paljon ääripäiden eli NORSOKin ja IMO:n välillä, kun taas luokituslaitosten väliset erot ovat hyvin pieniä. Taulukossa 11 on esitetty kaikki työssä huomioitavat vaatimukset.

Taulukko 11. Yhteenveto akustisista vaatimuksista.

Sääntö	Hytin enimmäisäänepainetaso db(A)	Ilmaääneneristävyys hyttistä hyttiin dB	Ilmaääneneristävyys käytävästä hyttiin dB
IMO Resolution MSC.337(91), marraskuu 2012	60/55 (1)	R _w = 35	R _w = 30
NORSOK S-002, elokuu 2004	40 (2)	R' _w = 40/45 (3)	R' _w = 40
DNV Rules for Ships, tammikuu 2011. crn 1	50	R' _w = 38	R' _w = 37
DNV Rules for Ships, tammikuu 2011. crn 2	55	R' _w = 33	R' _w = 32
DNV Rules for Ships, tammikuu 2011. crn 3	60	R' _w = 28	R' _w = 27
ABS Crew Habitability on Mobile Offshore Drilling Units, syyskuu 2012 HAB(MODU)	60/60 (4)	NA	NA
ABS Crew Habitability on Mobile Offshore Drilling Units, syyskuu 2012 HAB+(MODU)	55/55 (4)	NA	NA
ABS Crew Habitability on Mobile Offshore Drilling Units, syyskuu 2012 HAB++(MODU)	50/55 (4)	NA	NA
ABS Crew Habitability on Offshore Installations, syyskuu 2012 HAB(OS)	55	NA	NA
ABS Crew Habitability on Offshore Installations, syyskuu 2012 HAB+(OS)	50	NA	NA
ABS Crew Habitability on Offshore Installations, syyskuu 2012 HAB++(OS)	50	NA	NA

(1) Ship size up to 10,000 GT / $\geq 10,000$ GT

(2) For mobile offshore installations, the noise requirement during operations is 5 dB(A) higher than the one given in the table.

(3) The requirement of 45 dB only applies to one-man cabins.

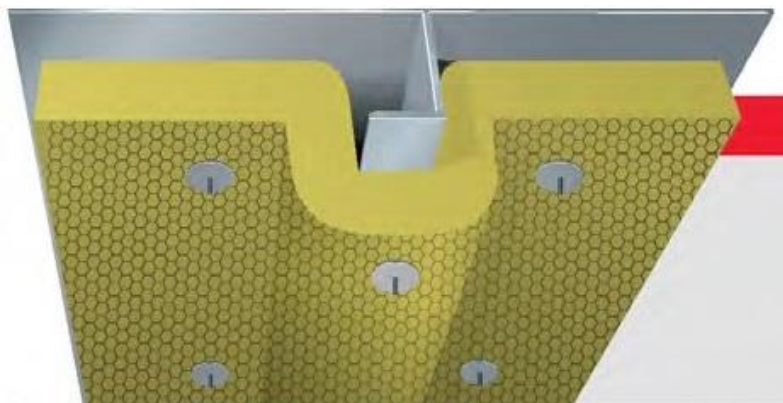
(4) Transit Conditions / Dynamic Positioning Conditions.

Taulukkoa 11 luettaessa on huomioitava, että vaatimukset on ilmoitettu joko R_w - tai R'_w -arvoilla. Laboratoriomittauksista saadut R_w -arvot tuskin täyttyvät kentällä, sillä kokoonpanossa tai asennuksessa tapahtuvat pienetkin virheet laskevat eristävyysarvoa. Tämä täytyy ottaa huomioon valittaessa hyttipaneeleja, joiden ilmajäälämpöeristävyys on yleisimmin ilmoitettu R_w -arvona.

5 ILMAÄÄNTÄ ERISTÄVÄT RAKENTEET

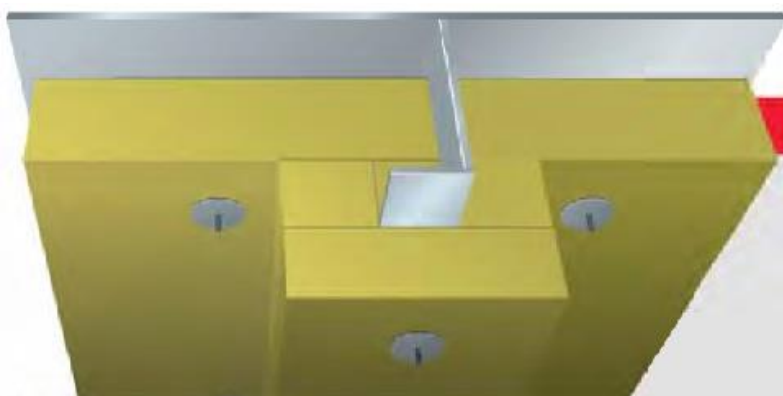
5.1 Palo-, lämpö- ja äänieristeet

Kansia ja laipioita eristetään usein erilaisilla villoilla, joita ovat muun muassa kivivilla ja lasivilla. Eristyksen ensisijaisena tarkoituksena saattaa olla palo- tai lämpöeristeenä toimiminen, mutta nämäkin toimivat ainakin jossakin määrin myös äänieristyskenä. Eristeet ovat yleensä joko rullatavarana tai levyinä (kuvat 1 ja 2).



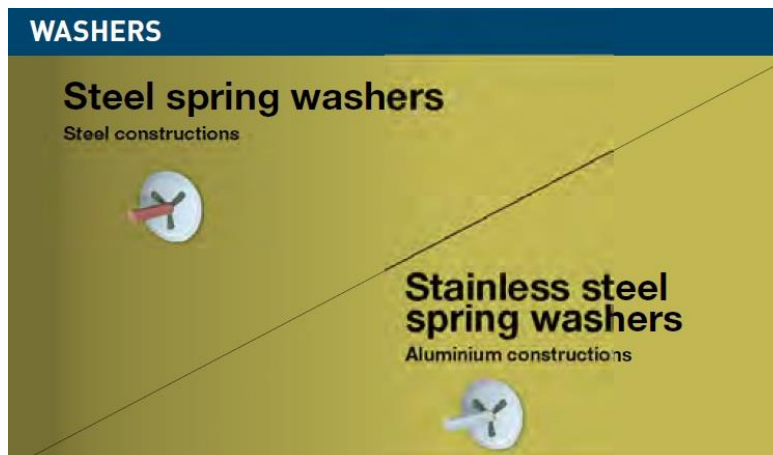
Kuva 1. Eristerullalla eristetty A-60 kansi (Rockwool 2013).

Levyjä käytettäessä eristeenä joudutaan materiaalia työstämään yleensä enemmän verrattuna rullatavaraan.



Kuva 2. Eristelevyillä eristetty A-60 kansi (Rockwool 2013).

Eristykset kiinnitetään hitsattavilla pinneillä, joiden läpi eristysmateriaali painetaan ja lopuksi lukitaan lukitusprikoilla (kuva 3).



Kuva 3. Eristyksen kiinnitys kanteen tai laipioon (Rockwool 2013).

Käyttökohteesta riippuen eristeet vielä vuorataan tarvittaessa esimerkiksi alumiini- tai lasikuitukankaalla (kuva 4). Näiden tarkoituksena on estää höyryjen pääsy eristeisiin. Höyry saattaisi aiheuttaa eristeiden ominaisuuksien heikentymistä tai teräskansien korroosiota. Samalla ne estävät villasta irtoavan pölyn leviämisen.



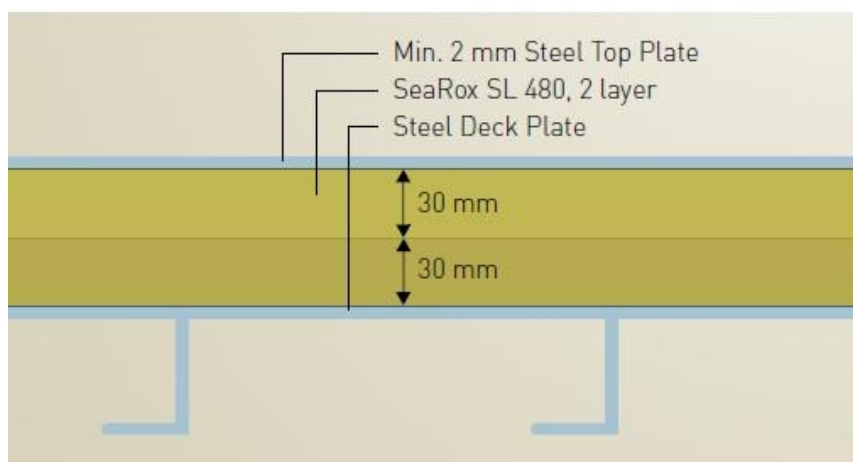
Kuva 4. Alumiinimatolla vuorattu kansi- ja laipioeristys.

Eristysmateriaaleja valittaessa on aina huomioitava käyttötarkoitus ja käyttökohde, sillä eristysvillat ovat hyvinkin erilaisia ominaisuuksiltaan. Materiaalien tulee myös täyttää niille asetetut vaatimukset.

5.2 Lattiat

Äänieristystä pystytään lisäämään erilaisilla lattiaratkaisuilla. Kannen päälle voidaan valaa betonia, jolloin rakenteen massa kasvaa ja se parantaa eristävyyttä. Tämän lisäksi voidaan käyttää viskoelastista massaa tai mattoa, joilla saadaan runko- ja askelääniä vaimennettua tehokkaasti. Betoni tai massa toimii yleensä myös tasoitteena, joilla teräskannessa mahdollisesti esiintyvät epätasaisuudet saadaan tasoitettua.

Kannen päälle rakennettavalla kelluvalla lattialla tarkoitetaan sandwich-periaatteella rakennettua lattiaa (kuva 5).



Kuva 5. Kelluvan lattian rakenne (Rockwool 2013).

Tällaisella monikerroksisella rakenteella saadaan vähennettyä tehokkaasti esimerkiksi hyttiin ja hytistä kantautuvia ilmaääniä, askelääniä sekä runkoääniä. Rakenne voidaan myös sijoittaa melua tuottavaan tilaan, jolloin sen vaikutus runkoäänien osalta kattaa laajemman alueen aluksessa (Rockwool Acoustic Manual 2012, 29 & 37).

5.3 Hyttien seinä- ja kattopaneelit

Hyttien seinät ja katot rakennetaan yleisimmin paneeleista, joissa on useampi kerros. Rakenteessa on yleensä ulkopinnalla galvanisoitu teräs, välissä yksi tai useampi kerros eristemateriaalia ja sisäpinnalla muoviverhoilu.



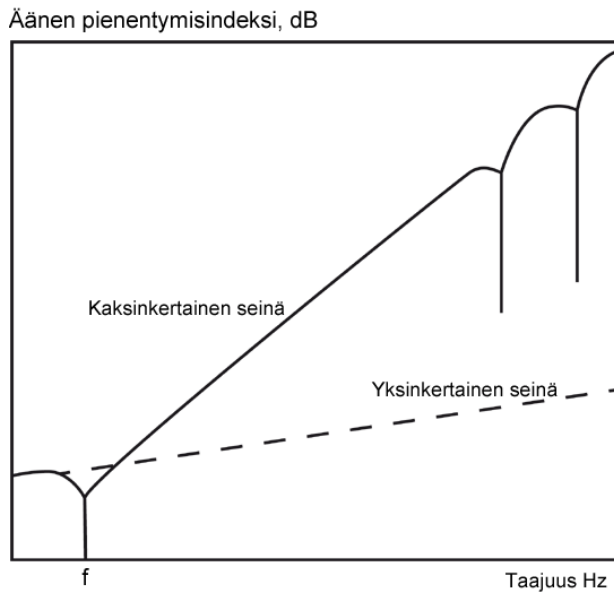
Kuva 6. Seinäpaneeli yhdellä eristelevyllä (HBM 2013).

Ilmaäänieristävyyttä saadaan selvästi paremmaksi käyttämällä paneelia, joka on rakennettu useammasta eristelevystä, joiden välille on jätetty ilmarako.



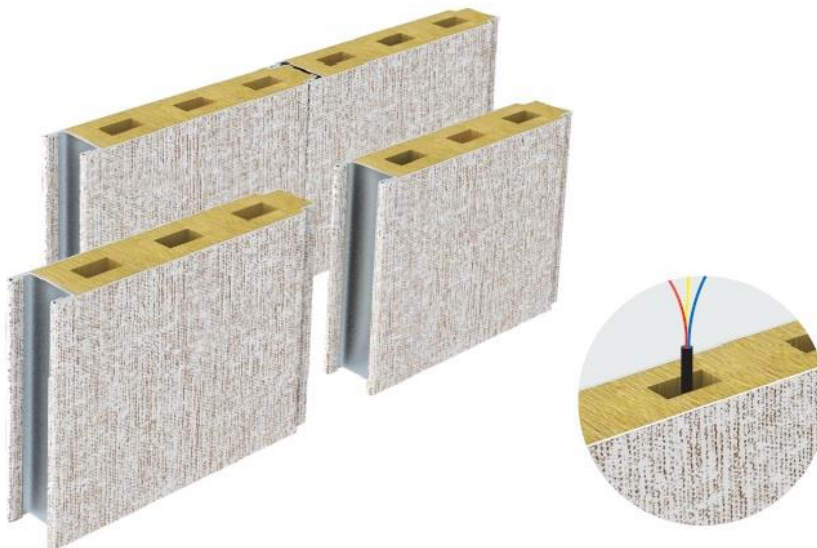
Kuva 7. Kaksikerroksinen seinäpaneeli (HBM 2013).

Rakenteen massan pysyessä samana varsinkin ylemmät taajuudet vaimentuvat selvästi paremmin kaksinkertaisessa seinässä verrattuna yksinkertaiseen.



Kuva 8. Yksin- ja kaksinkertaisen seinän vaimennus (Paroc 2013).

Paneelin sisällä voi olla myös kaapeleille tarkoitettuja onttoja koloja, joiden avulla saadaan erilaiset kaapelit helposti piilotettua.



Kuva 9. Seinäpaneeli kaapelikouruilla (HBM 2013).

5.4 Hyttiovet

Hyttioven kautta kantautuu suurin osa käytävällä syntyvästä melusta hyttiin. Oven tulisi olla hyvin ilmaääniä eristävä, jotta hytin ja käytävän välinen ilmaäänieristävyys täyttäisi vaatimukset.

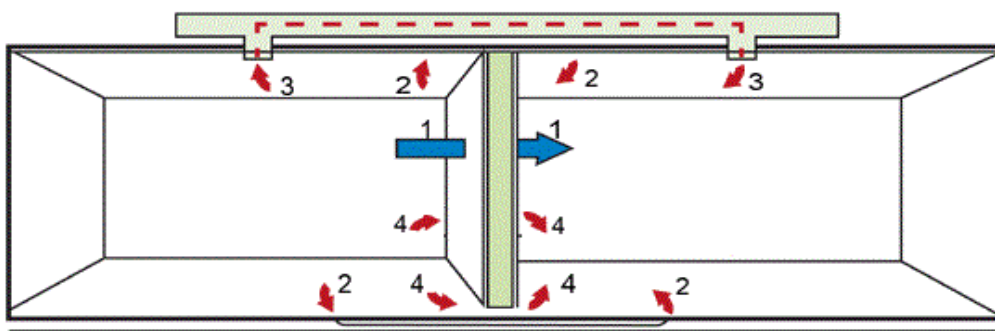


Kuva 10. B-luokan ovi

Oven kaikkiin saumoihin tulisi kiinnittää erityistä huomiota kokoonpanossa, sillä raoista vuotava ääni laskee mittauksissa ilmaääneneristävyyden tulosta reilusti.

6 PANEELIEN OMINAISUUKSIA

Hyttien välisen ilmaäänieristävyyden vaatimuksien täytyminen vaatii oikeanlaisien rakenteiden käyttöä. Vaatimus kuvaa kahden hytin välistä ilmaäänieristävyyttä, joten pelkällä seinäpaneelilla ei äänen kantautumista pysty poistamaan. Ääni ei kulkeudu ainoastaan suoraan seinän läpi vaan myös epäsuorasti, esimerkiksi katon kautta, kulkeutumalla ilmanvaihtokanavia ja putkistoja pitkin sekä vuotamalla rakenteiden raoista ja liitoksista.



Kuva 11. Äänen kulkeutuminen tilasta toiseen (Paroc 2013).

Usein hytit ovat yksittäisiä moduuleja, jolloin kahden hytin välissä on kaksi seinää. Tällöin jokaisen seinäpaneelin ei tarvitse yksinään täyttää ilmaäänieristykseen vaatimuksia, vaan kokonaiseristävyys syntyy kahdesta paneelista ja ilma-raosta. Taulukossa 12 on esitetty muutaman seinäpaneelivalmistajan ilmoittamia ominaisuuksia heidän tuotteistaan.

Taulukko 12. Seinäpaneelien ominaisuuksia.

Valmistaja ja seinäpaneelin tyyppi	Paloluokka	Rw [dB]	Paksuus [mm]	Paino [kg/m ²]
MBM				
PAR25/PAR26	B-15	31	25	15,4
PARD50	B-15/B-30	43	50	19,9
PARD100	A-60	35	100	37,9

(jatkuu)

Taulukko 12. (jatkuu).

Seinäpaneelin valmistaja ja tyyppi	Paloluokka	Rw [dB]	Paksuus [mm]	Paino [kg/m ²]
HBM				
B50A	B-15	33	50	16
B30A	B-15/B-0	31	30	13,5
B50AGa	B-15	46	50	22
B25C	B-0	32	25	12,8
SB25C	B-15/B-30	56	75	25,6
SBA				
JMC 1 31 B-0	B-0	31	25	14,6
JMC 1 31 B-15	B-15	31	25	14-15
JMC 1 33 B-15	B-15	33	50	20
JMC 1 38 B-15	B-15	38	50	19,4
JMC 1 42 B-15	B-15	42	50	19,9
JMC 1 44 B-15	B-15	44	50	22,4
Norac				
K-600/25	B-15	26	25	13,8
K-600/50	B-15	32	50	19,2
K-600/100	B-30	32	100	25,2
Q-600/50, 43	B-15/B-30	43	50	19,8
Q-600/50, 46	B-15/B-30	46	50	21,4
Q-600/70	B-15/B-30	45	70	19,9
CF-600/50	B-15/B-30	47	50	25,8
C-600/50	B-15/B-30	45	50	27
CS-600/50	B-15/B-30	48	50	33,2
CS-600/70	B-15/B-30	49	70	33,4
CSG-600/70	B-15/B-30	53	70	34,4

Paneelin paksuus ei suoraan kerro sen ilmaäänieristävyydestä mitään varmaa. Oleellisempaa on eristysmateriaalin tiheys ja paneelin rakenne.

Taulukossa 13 on esitetty kattopaneelien ominaisuuksia.

Taulukko 13. Kattopaneelien ominaisuuksia.

Kattopaneelin valmistaja ja tyyppi	Paloluokka	Rw [dB]	Paksuus [mm]	Paino [kg/m ²]
MBM				
SOFMCM50	B-15/A-30	38	50	14,6
Norac				
B-500/52	B-15/A-30	50	52	19,2
B-500/52	B-30/A-60	50	52	21,7
B-600/40	B-15/A-30	50	40	21,2

Materiaalivalmistajilta ei jostain syystä löytynyt kovin paljon tietoa kattopaneelien ilmaäänieristävyyksistä. Monet valmistajat tarjoavat pelkkää paneelia, jossa ei ole eristystä mukana, mutta sellaisen asennus on mahdollista.

Taulukko 14. Kelluvien lattioiden ominaisuuksia.

Kelluvan lattian valmistaja ja tyyppi	Paloluokka	Rw [dB]	Paksuus [mm]	Paino [kg/m ²]
HBM				
BDA60	A-60	50	53	33,5
DRUMARKON				
Druma-floor NC/SR	B-0/B-15	33	17	17,8
ENSAR				
Class A-60 Deck panel	A-60	35/45	62	29,4

Kelluvien lattioiden rakenteissa on hyvinkin paljon eroavaisuuksia. Materiaaleja on useita erilaisia ja niiden painot vaihtelevat reilusti. Raskaammat rakenteet eristävät runko- ja askelääniä paremmin verrattuna kevyempiin.

Taulukko 15. Ovien ominaisuuksia.

Oven valmistaja ja tyyppi	Paloluokka	Rw [dB]	Koko [mm]	Paksuus [mm]	Paino [kg]
Norac					
MS	B-15	30	800x2000	38	57
MC	B-30	41	800x2000	38	75
G007L32	B-15/B-30	32	800x2000	39	45
G007L37	B-15	37	800x2000	39	50
HB-H A-30	A-0/A-30	40	800x2000	47	57
HB-H A-60	A-60	40	800x2000	63	75
Parmarine					
Cabin door	B-15	35	NA	42	NA
Cabin door	B-15	40	NA	42	NA
Cabin door	B-30	45	NA	46	NA
R&M					
SW50	B-15	33	NA	50	NA

Paneelien valinnassa täytyy ottaa huomioon palomääräysten ja akustisten ominaisuuksien lisäksi myös paino. Alusten paino pyritään pitämään tietyissä määrin mahdollisimman matalana, jotta vakavuus ja lastikapasiteetti pysyisivät halluttuina. Myös mahdolliset kiinnitystarpeet täytyy huomioida, jos esimerkiksi jotain raskaampaa pitää saada kiinnitettyä paneeleihin.

Valitsemalla paneelit, jotka itsessään jo täyttävät ilmaäänieristävyyden vaatimukset ei välttämättä ole järkevin ratkaisu kustannusten ja painon kannalta. Kattopaneelit täyttävät helposti vertikaaliset ilmaäänieristävyydet jo itsessään, ja lisäksi eristävyyttä parantaa jo pelkkä teräskansi ja sen mahdolliset eristeet (Ks. Acoustic Manual – Marine & Offshore Insulation 2012. Rockwool). Lisäeristystä saadan myös esimerkiksi liimaamalla eristelevyjä hyttipaneelien ulkopinnoille.

7 YHTEENVETO

Koska meriteollisuudessa on niin laajalti erilaisia sääntöjä ja vaatimuksia, on hyttipaneelien valinnoille mahdotonta tehdä suoraa ohjeistusta ilman pidempää kokemusta. Hyttipaneelien tulee täyttää palomääräykset ja ilmaäänieristävyydet, vaikka niihin tulisi esimerkiksi valaisimia, ilmanvaihtoon liittyviä komponentteja tai kaiuttimia. Tällöin paneelien ominaisuudet epäsuorasti heikentyvät ja rakennetta tarkastellaan kokonaisuutena. Lisäksi enimmäisäänenpainetason ja värinän vaatimuksien suhteen joudutaan rakenteita miettimään syvemmin. Kaksi edellä mainittua asiaa ovat niin erilaisia jokaisessa aluksessa, että niitä täytyy tarkastella aina projektikohtaisesti, ja tästä johtuen yleistä ohjeistusta ei voitu antaa. Tämän osalta työn tavoitteisiin ei siis täysin päästy, mutta vaatimusten ja muutaman valmistajan tuotteiden ominaisuudet löytyvät nyt yksistä kansista.

Paneelien valinnassa kannattaa tehdä laskelmia siitä, onko kannattavampaa käyttää parempia paneeleja vai esimerkiksi panostaa kansien ja laipioiden eristämiseen tai kelluvaan lattiaan. Paneelien, joilla on parempi ilmaäänieristävyys, hinta ja paino ovat tietysti korkeammat, mutta niiden asentaminen ei maksaisi juurikaan enempää verrattuna matalamman ilmaäänieristävyyden paneeleihin.

Työssä esitetyt vaatimukset sekä materiaalien ominaisuudet on kerätty joulukuussa 2013. On huomattava, että säännöt päivittyvät aika ajoin ja niihin saat-
taa tulla lisäyksiä.

Mahdollisten jatkotutkimusten tekeminen vaatisi laajemman tutkielman. Tällöin olisi käytettävä apuna simulointia. Näin saataisiin hyödyllistä tietoa käytettävien materiaalien toimivuudesta erilaisissa kokonaisuuksissa. Samalla voitaisiin selvittää, olisiko kiinnitettävä enemmän huomiota äänen ja värinän syntymiseen kuin sen vaimentamiseen.

LÄHTEET

ABS Crew Habitability on Mobile Offshore Drilling Units (MODU), September 2012, section 4, Table 1

ABS Crew Habitability on Offshore Installations, September 2012, section 4, Table 1

Acoustic Manual – Marine & Offshore Insulation 2012. Rockwool. http://rwiumbracortiny-rmo.inforce.dk/media/711462/acoustic%20manual_web.pdf

DNV Rules for Ships, January 2011, Pt.5 Ch.12 Sec.2, Table B5

Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto 2005, Työperäisen melun vaikutukset. Viitattu 4.10.2013 <https://osha.europa.eu/fi/publications/factsheets/57>

FPT Code 1998, Annex 2/3.1

FTP Code 1998, Part 1

Haahla & Marja Heinonen-Guzejev 2012. Melun terveysvaikutukset ja ympäristömelun häiritsevyys. Viitattu 2.10.2013 http://www.hel.fi/hel2/ymk/julkaisut/2012/julkaisu_12_12_net.pdf

IMO Resolution MSC.337(91) November 2012

IMO Resolution MSC.337(91)/4.2.3

IMO Resolution MSC.337(91)/6.2.1

MODU Code 2009, 1.3.12

MODU Code 2009, Table 9-1

MODU Code 2009, Table 9-2

NORSOK S-002/5.5.3.0-4 Table 1

NORSOK S-002, Annex A/6.1.0-1 Table 1

Rockwool Acoustic Manual 2012, 29 & 37

SOLAS 2009, Regulation II-2/3.2

SOLAS 2009, Regulation II-2/3.4

SOLAS 2009, Regulation II-2/3.10

SOLAS 2009, Regulation II-2/3.33

Technical Guidelines - Marine & Offshore Insulation 2012. Rockwool. http://rwiumbracortiny-rmo.inforce.dk/media/711438/technical_guidelines_2012_web.pdf

Työsuojeluhallinto 2013. Melu. Viitattu 25.1.2014 <http://www.tyosuojelu.fi/fi/melu>